

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka / Käyttö ja kunnossapito

Seppo Suomalainen

POLYMEROINTILAITOKSEN LAUHDEJÄRJESTELMÄN OPTIMOINTI

Opinnäytetyö 2014

## TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka

SUOMALAINEN, SEPPO

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Maaliskuu 2014

Avainsanat

Polymerointilaitoksen lauhdejärjestelmän optimointi

45 sivua + 2 liitesivua

Yliopettaja Merja Mäkelä

Lehtori Jaakko Laine

BASF Oy

lauhdejärjestelmä, lauhteenpoistin

Työn tarkoituksena oli selvittää BASF Haminan tuotantolaitoksen lauhdejärjestelmän toimintaa, lisätä toimintavarmuutta sekä miettiä, miten talteen otettavien lauhteiden määrää voisi lisätä. Lisäksi oli tarkoitus löytää talteen otettaville lauhteille vaihtoehtoisia käyttökohteita sekä laatia määräaikaistarkastuskäytäntö lauhdejärjestelmän toimintakunnon varmistamiseksi.

Työssä selvitettiin ensin höyrylinjat, höyryn kulutuskohteet sekä muodostuvat lauhdejakeet. Selvitettiin maakaasun, höyryn ja puhdistetun veden kulutus. Sitä, miksei lauhteita ole hyödynnetty, mitä lauhteiden keruu ja hyötykäyttöön saaminen vaatisi ja mihin kerättyä lauhdetta voisi käyttää, mietittiin. Blow-out eli ulospuhallushöyryn käytön hyödyntämistä mietittiin energiansäästön suhteen. Viimeiseksi tutkittiin nykyisen lauhdejärjestelmän toimintakuntoa sekä etsittiin toimintaa parantavia muutoksia sekä laadittiin toimintaohje lauhdejärjestelmän toimintakunnon säilymiseksi.

Osa lauhteista lauhtuu tuotteeseen tai sisältää kiintoaineita siten, ettei niiden hyödyntäminen ole mahdollista. Varsinaisia talteenottokelpoisia lauhteita oli ilmaston lämmittämisen höyrypattereiden sekä höyryputkien vesitysten lauhteet. Näitä lauhdejakeita ei hyödynnetty kuin minimaalisesti. Lauhteen ja sen sisältämän energian hyödyntäminen syöttövedessä parantaa höyryntuotannon energiataloutta. Blow-out-höyryn sisältämää energiaa voisi hyödyntää tuotantolaitoksella korvaamaan esimerkiksi maakaasun tarvetta. Lauhdetta ja sen sisältämää lämpöenergiaa voisi hyödyntää pienentämään prosessin tarvitseman raakaveden määrää ja sen lämmitystarvetta. Lauhteenpoiston toimivuus ja oikein rakennettu järjestelmä pienentää kustannuksia vähentämällä höyrypatterivaurioita ja niistä aiheutuvia ylimääräisiä kunnossapitokustannuksia sekä lisää työturvallisuutta.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

SUOMALAINEN, SEPPO

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

March 2014

Keywords

Optimization of Condensate System

45 pages + 2 appendices pages

Merja Mäkelä, Principal Lecturer

Jaakko Laine, Senior Lecturer

BASF Oy

condensate system, steam trap

The object of the thesis was to investigate the condensate system of BASF Hamina production site to improve the reliability of the system and to study how to increase the quantity of the recovered condensate. Another objective was to determine alternative applications for the recovered condensate as well as to create a scheduled plan for the preventive maintenance to improve the performance of the condensate system.

First, the structure of steam lines and use of steam and condensate fractions generated in the system were evaluated. In addition, the consumption of natural gas, steam and cleaned water was studied. Further topics were the unexploited condensate, arrangement of the collection and utilization in the production. Also, the utilization of blow-out steam was considered as a method to save energy. Finally, the working condition of the current condensate system was examined to evaluate how the operation could be improved. In order to maintain the condition of the system, a schedule for the preventive maintenance was drafted.

As a conclusion, it can be stated that the energy economy of the boiler unit can be improved by using the condensate in the feed water, and the consumption of natural gas could be decreased by utilizing the energy included in the blowout steam. The production site could reduce the demand and heating of fresh water by reclaiming the condensate and its heat energy.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## LYHENTEET JA TERMIT

1	JOHDANTO	7
2	TUOTANTOPROSESSI JA HÖYRYN KÄYTTÖ	8
	2.1 Tuotantoprosessi	9
	2.2 Polymerointi	9
	2.3 Höyryn käyttö tuotantolaitoksella	11
3	KATTILALAITOS	16
	3.1 Maakaasu ja tuotekaasu	16
	3.2 Kattila- ja demineralisoidunveden valmistus	18
4	LAUHDEJÄRJESTELMÄ	18
	4.1 Lauhdelinjat	18
	4.2 Strippauksissa syntyvät lauhteet	19
	4.3 Lämmityshöyryn lauhteet	19
	4.4 Höyryputkien vesityslauhteet	20
5	ENERGIAN KULUTUS	21
	5.1 Maakaasun kulutus	21
	5.2 Höyryn kulutus	22
	5.3 DEMI-veden kulutus	22
6	PARANNUSEHDOTUKSET	23
	6.1 Lauhteen keräily ja palautus	23
	6.1.1 Kerättävän lauhteen puhdistus	25
	6.2 Likaisen lauhteen lämpöenergian hyödyntäminen	26
	6.3 Höyryn kulutuksen tasaaminen (höyryakku)	26
	6.4 Raakaveden kulutuksen pienentäminen	27

6.5	Demineralisoidunveden käytön pienentäminen	27
6.6	Maakaasun käytön pienentäminen	28
6.7	Ilmastoinnin lauhdemuutokset	30
6.8	Kolonnien höyrynsyöttölinjan lauhteenpoisto	35
7	LAUHDEJÄRJESTELMÄN MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS	36
7.1	Lauhteenpoistimien tyypit ja toiminta	36
7.2	Vuotohöyryn määrän määrittäminen	38
7.3	Määräaikaistarkastus	40
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	41
	LÄHDELUETTELO	43
	LIITTEET	45
	Liite 1. HYXO Oy, EATON pussisuodatin tarjous	
	Liite 2. Lauhteenpoistinluettelo	

## LYHENTEET JA TERMIT

Demi-vesi	Demineralisoitu vesi
Blow-out-höyry	Kattilalaitoksen minimituoton ja tuotantolaitoksen kulutuksen erotus
Bar <sub>a</sub>	Absoluuttinen paine (absolute)
Bar <sub>g</sub>	Normaali-ilmanpaineinen paine (gauge)
VOC	Volatile Organic Compound, haihtuva orgaaninen yhdiste
Strippauskolonni	Tuote tai jätevedenkäsittelylaite, jolla höyryn ja alipaineen avulla poistetaan haju- ja VOC-yhdisteet
Off-gas	Tuotekaasu, palavia yhdisteitä sisältävä VOC-kaasu, joka johdetaan kattilalaitokselle poltettavaksi
WW3	kirkas VOC-yhdisteitä sisältävä jätevesi
WW4	Jätevesi, josta on puhdistettu VOC-yhdisteet

## 1 JOHDANTO

Prosessi- ja kemianteollisuuden tuotteet ovat kilpailutettuja ja yleensä tuottomarginaalit ovat pieniä. Lisäsäästöjä on yleisesti haettu niin henkilöstömääriä sopeuttamalla, omaa alihankintaverkostoa ja raaka-ainetoimittajia kilpailuttamalla kuin prosesseja ja energiatehokkuutta tehostamalla. Muuttuvista kustannuksista suurimman osan muodostavat raaka-aineet ja energia. Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä (H&L-järjestelmä) on kaikkien höyryä tarvitsevien laitosten tavoitteena, mutta sellaisen suunnittelu, rakentaminen ja sen ylläpito vaatii panostusta. Uudessakin laitoksessa on monia rakenteellisia kompromisseja, investointikustannukset ovat avainasemassa ja BAT-ajattelusta (Best Available Technique) saatetaan joutua tinkimään, varsinkin H&L-järjestelmien suhteen. Vanhemmissa laitoksissa toimintatavat ja käytännöt ovat vakiintuneet ja tilanteen muutos vaatii erillisen energiakatselmuksen, joko oman väen tai ulkopuolisen tekemänä. Tässä katselmuksessa lasketaan ne konkreettiset kustannukset, jotka johtuvat hukatusta energiasta ja tai vedestä.

Työn tarkoituksena oli BASF Haminan tuotantolaitoksella optimoida lauhdejärjestelmää ja sen myötä parantaa laitoksen energiataloutta sekä luoda määrääikaistarkastuskäytäntö lauhdejärjestelmälle. BASF Oy Haminan tuotantolaitoksella tarvittava prosessihöyry tuotetaan Haminan Energia Oy:n omistamalla ja käyttämällä kattilalaitoksella. Kattilalaitoksella on kaksi 11,6 MW:n maakaasukaasupolttimella varustettua tulitorvi-tuliputkikattilaa, joihin johdetaan poltettavaksi myös tuotantoprosessissa syntyneet VOC-pitoiset tuotekaasut. Höyryä laitos tarvitsee reaktorien lämmittämiseen reaktion alkuvaiheessa, tuotteen ja jäteveden strippaukseen tuote- ja jätevesikolonneissa, eräiden raaka aineiden lämmittämiseen pumpattavuuden parantamiseksi sekä laitoksen lämmittämiseen.

Syntyviä lauhteita ei juurikaan hyödynnetä. Osa lauhteista johdetaan WW4-vesisäiliöön ja osa palautuu kattilalaitokselle, jossa se johdetaan suoraan ulospuhallussäiliön kautta viemäriin. Suuri osa lauhteista johdetaan suoraan jäteveden joukkoon. Tuotantoprosessissa syntyviä lauhteita ei voida hyödyntää varsinaisena lauhteena, sillä ne lauhtuvat joko itse tuotteeseen tai muodostavat VOC-pitoista kiintoainetta sisältävää kondenssia. Jätevettä laitos pyrkii mahdollisuuksien mukaan kierrättämään.

## 2 TUOTANTOPROSESSI JA HÖYRYN KÄYTTÖ

Tämä kartoitustyö käsittelee BASF Oy:n Haminan tuotantolaitosta. BASF on maailman johtava kemikaaliyhtiö, jonka strategia on ”*Valmistamme kemianratkaisuja tulevaisuuden kestäväen kehityksen turvaksi. We create chemistry for a sustainable future*”. Yhtiön palveluksessa on maailmanlaajuisesti yli 110 000 työntekijää. Vuonna 2013 yhtiön liikevaihto oli 74 mrd € ja EBIT 7,2 mrd €. (BASF, 2014)

Yhtiöllä on noin 380 erillistä tuotantolaitosta maailmanlaajuisesti. Tuotekirjo kattaa paperiteollisuuden, lentokoneteollisuuden, maatalouden, autoteollisuuden, rakentamisen, joukkoliikenteen, pakkausteollisuuden, henkilökohtaisen hyvinvoinnin, lääketeollisuuden, öljyteollisuuden ja uusiutuvan energian tuotteet ja kemikaalit. Yhtiön perustettiin 6.4.1865 Saksassa nimellä Badische Anilin und Soda Fabrik, BASF on akronyymi alkuperäisestä nimestä (BASF, 2013).

Suomessa BASF:lla on toimintaa kuudella paikkakunnalla: Helsingissä, Espoossa, Raumalla, Riihimäellä, Kotkassa ja Haminaassa. Työntekijöitä Suomessa on noin 130 henkilöä, joista Haminaassa on 30.

Haminan tuotantolaitos sijaitsee HaminaKotkan satama-alueella (kuva 1). Se aloitti toimintansa v. 2002. Tehdas valmistaa styreenibutadieeni ja styreeniakrylaatti dispersiota paperi- ja kartonkiteollisuuden tarpeisiin päällystyspastan sideaineeksi. Tehtaan tuotantokapasiteetti on noin 140 000 t/a.



Kuva 1. BASF Oy Haminan tuotantolaitos (BASF Hamina arkisto)



## 2.1 Tuotantoprosessi

Raaka-aineet annostellaan prosessiin massamäärämittareiden kautta. Massamäärän mittaukset ovat kahdennettuja ja liitetty prosessia valvovaan turvajärjestelmään. Prosessi-automaatiojärjestelmä on Emerson Process Managementin valmistama DeltaV ja turvalogiikan toimittaja on Invensysin Triconex.

Turvalogiikan (FPLC, Failsafe Programmable Logic Control) tehtävänä on estää hallitsematon reaktio, joka voisi aiheuttaa raaka-aineiden tai reagoimattoman reaktioseoksen pääsyn ulos reaktorista. FPLC toimii itsenäisesti ja keskeyttää toiminnan, jos olosuhteet muuttuvat vaaralliseksi. Järjestelmä myös valvoo itse itseään ja ilmoittaa mahdollisista vioista.

Turvajärjestelmän toiminta perustuu reaktorissa tapahtuvan reaktion lämpötaselaskentaan. Tätä varten järjestelmä mittaa useita parametreja. Näitä ovat mm. kaikki raaka-ainesyötöt, reaktorin lämpötila sekä jäähdytysveden lämpötila ja virtaus. Näistä tiedoista pystytään laskemaan reaktorissa olevien reagoimattomien raaka-aineiden määrä sekä se vapautuva energia ja lämpötila, joka syntyisi, jos reaktioseos päästettäisiin reagoimaan hallitsemattomasti. Tästä lasketusta, hallitsemattomassa sekä niin sanotussa adiabaattisessa reaktiossa syntyvästä vapautuvasta energiasta lasketaan suurin syntyvä lämpötila sekä paine. Tätä laskettua painetta verrataan jatkuvasti reaktorin todelliseen paineeseen. Reaktion konversiota lasketaan myös jatkuvasti.

## 2.2 Polymerointi

Prosessi on yksinkertaistettuna monomeerien polymerointia reaktorissa. Tuotantolinjoilla on kaksi reaktoria, joissa polymeroidaan tuotetta puolipanosreaktiossa (kuva 3). Prosessin käsitteitä on selitetty seuraavassa:

- Monomeerit ovat puhtaita, nestemäisiä tai laitoksella veteen liuotettuja molekyyliä, jotka pystyvät liittymään yhteen toisten monomeerien kanssa ja muodostamaan pitkiä ketjumaisia tai verkottuneita yhdisteitä, joita sanotaan polymeereiksi.
- Polymerointi on hallittu tapahtuma, jossa monomeerit reagoivat keskenään muodostaen polymeerejä.
- Emulsio on kahden toisiinsa liukenemattoman nesteen tasalaatuinen seos.

- Emulgaattorit auttavat muodostamaan emulsion, joka muodostuu monomeereista ja vedestä ja aikaansaavat pysyvän seoksen stabiloimalla sen.
- Dispersio on kiinteän aineen ja nesteen tasalaatuinen seos.
- Kolloidi / kolloidinen dispersio on seostyyppi, joka on homogeenisen ja heterogeenisen seoksen välimuoto. Kolloidinen liuos koostuu kahdesta faasista.
- Konversio on luku, joka kertoo, kuinka paljon raaka-aineista on reaktion kuluessa muuttunut lopputuotteeksi. (BASF eDMS, 2013)

Päämonomeerien (butadieeni, styreeni, butyyliakrylaatti ja akrylinitriili) varastointi ja käsittely ovat ulkoistettu. Muut raaka-aineet ovat varastoituna laitoksen omassa raaka-ainevarastossa. Kaikki prosessiin syötettävät raaka-aineet ovat nestemäisessä muodossa, kiinteät raaka-aineet liuotetaan veteen ennen niiden annostelua prosessiin.

Tuotteen polymerointi tapahtuu reaktorissa. Polymerointi tapahtuu puolipanosprosessina, jossa polymerointi alkaa reaktoriin syötetyllä alkupanoksella, jonka jälkeen reaktoriin syötetään raaka-aineita jatkuvasti kunnes haluttu eräkooko on saavutettu.

Reaktorit ovat paineastioita, joiden sallitut käyttöpainet ovat -1 - 25 barg. Prosessi tarvitsee alkulämmityksen reaktion käynnistykseen. Tämä tapahtuu lämmittämällä reaktorin vaipan vesikiertoa höyryllä. Kun reaktio on saatu käynnistymään, se muuttuu eksotermiseksi, eli lämpöä luovuttavaksi, jolloin reaktorin vaipan lämmityskierto muutetaan jäädytyskierroksi. Näin reaktiolämpötila saadaan pysymään halutun mukaisena. Polymeroinnin jälkeen reaktori tyhjennetään seuraavaan reaktioastiaan. Reaktorin tyhjennys tapahtuu höyrypaineen avulla ja tuotteen poiston jälkeen höyryn lauhutumisen seurauksena reaktoriin jää pieni alipaine.

Reaktorista siirretty tuote pumpataan strippauskolonniin, jossa se laskeutuu painovoimaisesti kolonnin yläosasta välipohjien läpi alas kolonnin alaosaan. Samanaikaisesti alaosaan syötettävän höyryn kulkiessa tuotteen läpi ylös, reagoimattomat raaka-aineet (monomeerit) sekä osa reaktiossa syntyneistä sivutuotteista, jotka aiheuttavat lopputuotteeseen voimakasta hajua, siirtyvät höyryyn ja poistuvat lopputuotteesta. Strippauskolonnissa tapahtuu alipaineessa. Strippauskolonnista tullessa tuotteen lämpötila on noin 75 - 80 °C.

Strippauskolonnit ovat alipaineessa ja näiden imukaasu (tuotekaasu & höyry) kulkee erillisten lämmönvaihtimien läpi joissa imukaasu lauhdutetaan. Nämä lauhteet kerä-

tään talteen, käsitellään, varastoidaan ja kierrätetään osittain takaisin prosessiin. Kuiva kaasujae jatkaa matkaa off-gas-linjaan ja edelleen poltettavaksi höyrykattilalaitokselle. Tuote ohjataan suodatettavaksi tasotärysuotimille. Suodattimilta erottunut sakka kerätään ja ohjataan edelleen poltettavaksi muun kuivajätteen mukana.

Suodatettu tuote pumpataan edelleen tasaussäiliöihin. Tasaussäiliössä voidaan tuotteen kuiva-ainepitoisuutta tarvittaessa säätää lisäämällä siihen vettä. Samalla voidaan säätää myös tuotteen pH sekä tehdä tuotteesta riippuen muita jälkilisäyksiä joilla parannetaan sen säilyvyyttä ja pölytysominaisuuksia. Tuote on valmistuttuaan valkoinen, jähkäläikeinen kolloidinen dispersio, jossa on puolet vettä ja raaka-aineina käytettyjä emulgaattoreita sekä puolet polymeeriä.

Tuote lastataan tasaussäiliöistä varastokontteihin tai suoraan säiliöautoon yläkautta lastausvarsien kautta. Valmistu tuotetta voidaan varastoida säiliökonteissa tai vuokrauissa tuotesäiliöissä.. (BASF eDMS, 2013)

### 2.3 Höyryn käyttö tuotantolaitoksella

Höyrykattiloita joudutaan käyttämään, vaikka höyrynkulutusta ei olisikaan, johtuen tuotekaasun poltosta. Sopimuksen mukainen minimihöyryntuotanto on xx t/h.

Höyryn käyttökohteita laitoksella ovat:

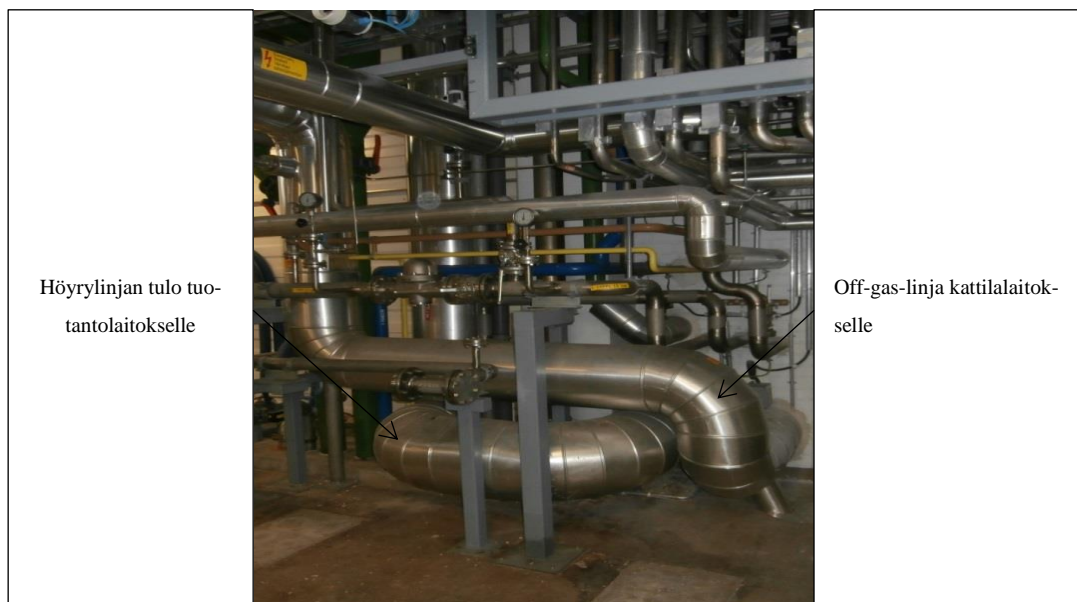
- ilmastointien lämpöpatterit
- autolastausaseman lämpöpatterit
- jätevedenkäsittelyn (jv-käsittely) ja välivaraston lämmitys
- tuotekolonnit
- jätevesistripperi
- reaktoreiden kuumen veden lämmitys
- reaktoreiden ”pudotushöyry”

- reaktoreiden vaipan lämmitys
- kemikaaliliuotussäiliöiden lämmitys
- liuotus ja säiliöalueen tilailmastoinnin lämpöpatterit
- raaka-aineiden lämmitys pumpattavuuden parantamiseksi.

## 2.4 Höyrylinjat ja käyttökohteet

Kattiloiden höyry johdetaan reduktion kautta pähöyrylinjaan. Reduktiossa paine pienennetään kattilalta tulevasta 7 bar<sub>g</sub> paineesta 4,0 bar<sub>g</sub> linjapaineeseen. Kattilalaitokselta molempien kattiloiden höyry johdetaan yhteiseen DN 300 pähöyrylinjaan.

Pähöyrylinja haarautuu putkisillalla DN 200 linjaan varastotilan käyttökohteisiin. Tuotantorakennuksessa linja haarautuu siten, että linja (kuva 2) haarautuu pystylinjoiksi joka kulkee kaikkiin tuotantokerroksiin (tasot 0, 1 ja 2). Tasolla 1 ja tasolla 2 on höyrytukit ja tasossa 0 pähöyrylinja kulkee autolastausaseman kautta molempien tuotolinjojen tuotestrippauskolonnien höyrynsyöttöön.



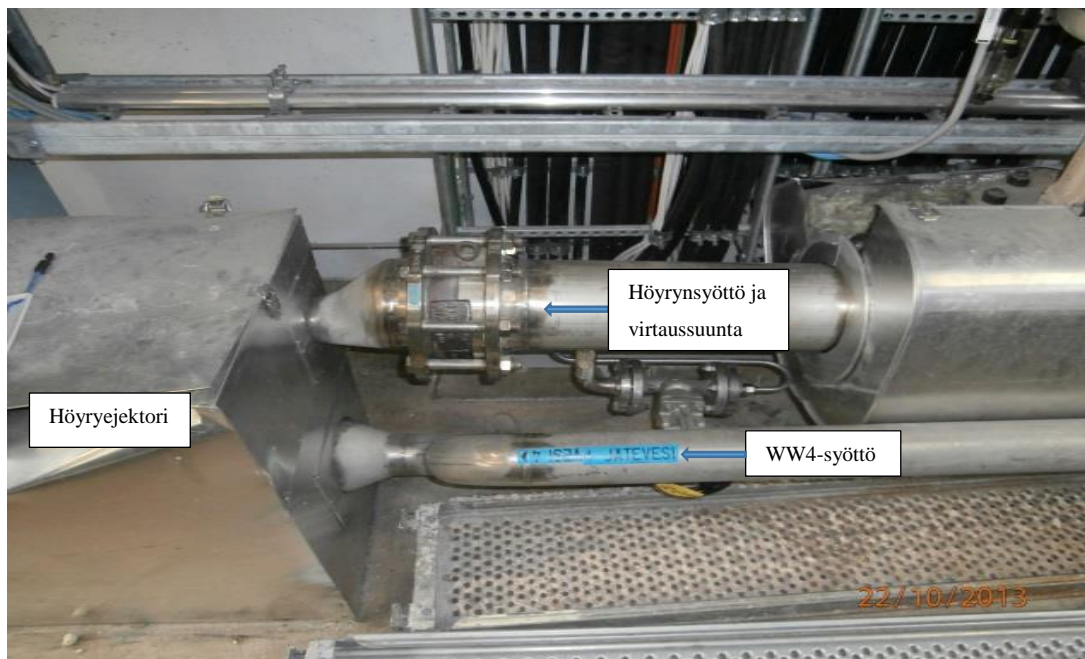
Kuva 2 Höyrylinjan tulo ja off-gas linjan meno putkisillalle tasolla 1

Tasossa 0 höyryä syötetään tuotekolonneille, autolastausaseman lämmittimille sekä tilan jätevedenkäsittelyn lämmitykseen (kuvat 6 ja 7). Tasossa 1 höyrytukista lähtee syöttö molemmille reaktoreille. Tasossa 2 höyrytukista lähtee syöttö höyryejektorille

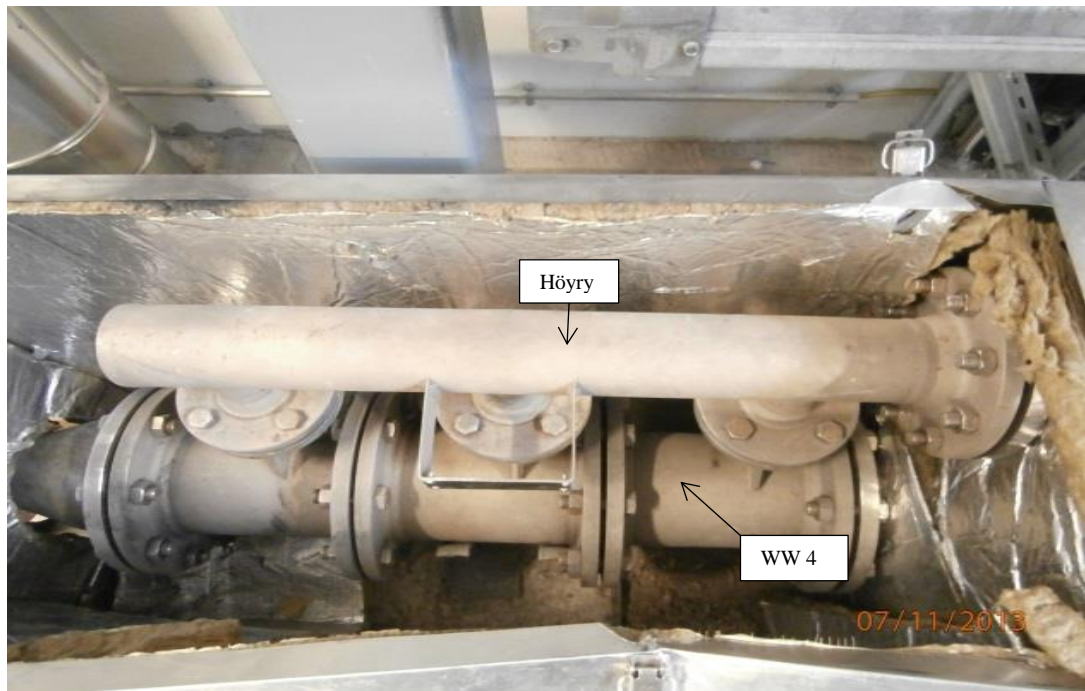
reaktorien kuumen veden valmistukseen (kuvat 4 ja 5). Ejektoriin syötetään WW4-vettä ja höyryä. Ejektorin jälkeen kuumavesi johdetaan joko 1. tai 2. linjan reaktoriin. Samassa tasossa ovat myös molempien reaktoreiden vaipan jäähdytys- ja lämmityskierroksen höyryejektorit (kuva 3). Kuvissa mainitut lauhteenpoistinumeroit viittaavat liitteeseen 2.



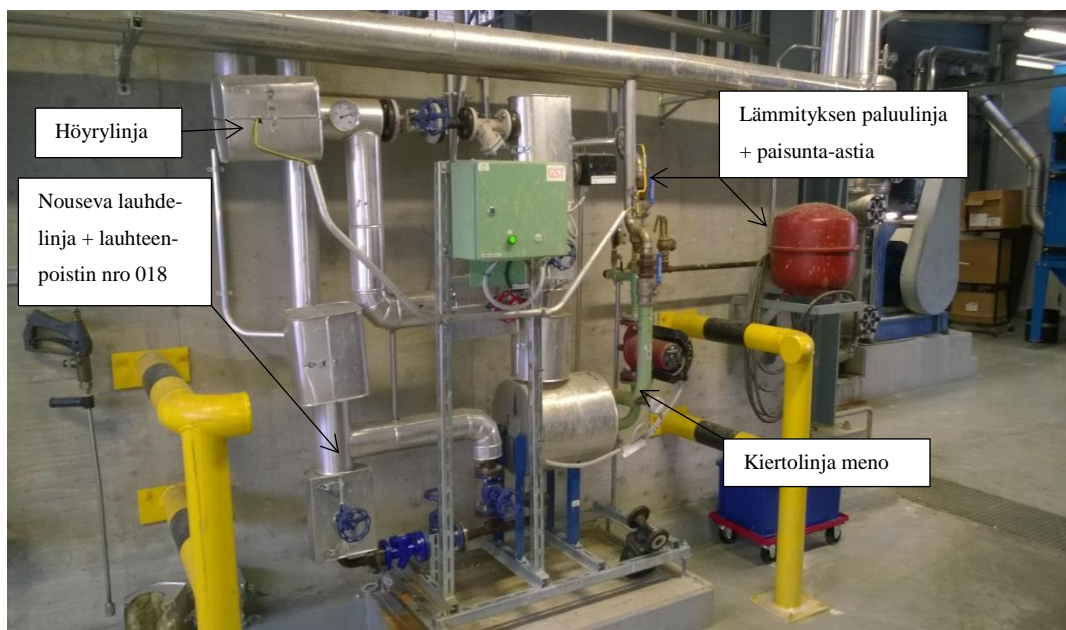
Kuva 3 Helmut Kämpken höyryejektorit reaktorinvaipan lämmitysvesikierrossa



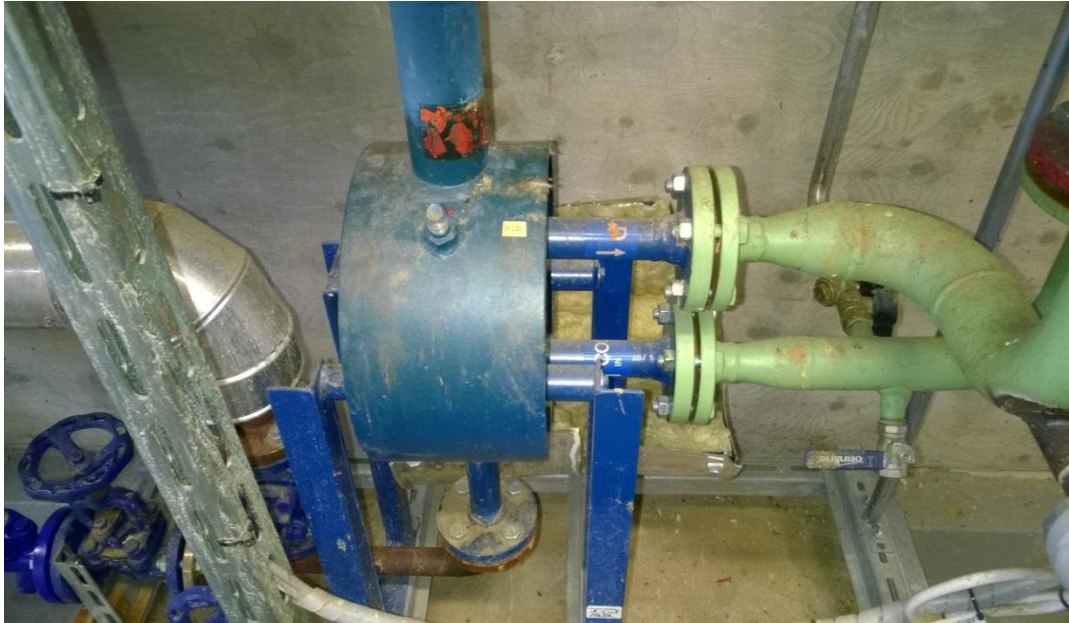
Kuva 4 WW4-veden kuumennus, höyryn ja WW4-veden syöttö ejektoriin



Kuva 5 Höryejektor



Kuva 6 Vesikiertoisen tilalämmityksen lämmityskeskus jv-käsittelyssä

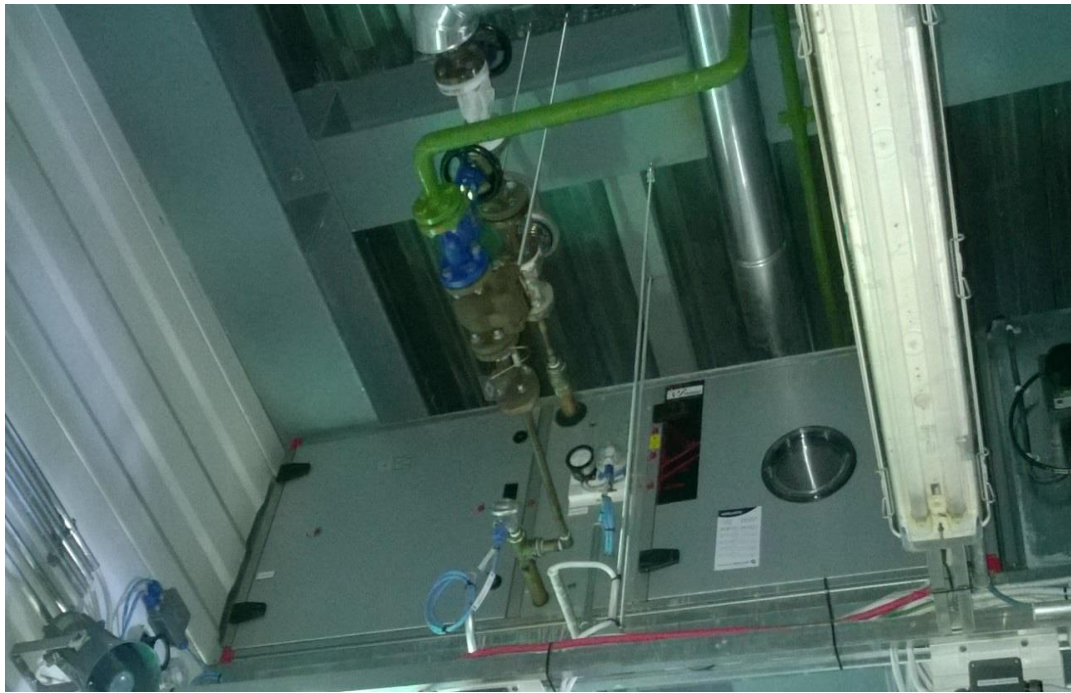


Kuva 7 Lämmönvaihdin eristeet poistettuna (Vahterus PSHE 2HH-34/1/1)

Raaka-ainevarastoon tulevasta DN 200 höyryputkesta otetaan höyryä raaka-aine varaston lämmitykseen (kuva 19), liuotusosaston lämmitykseen (kuva 9) sekä kahden kuivatuotteen liuotuksen veden lämmittämiseen. Niistä toinen kuvassa 8.



Kuva 8 Liuotussäiliön lämmitys liuotusosastolla



Kuva 9 Liuotusosaston ilmastointi ja lauhteenpoistin nro 004

### 3 KATTILALAITOS

Kattilalaitos sijaitsee tehdasalueella, mutta on Haminan Energian omaisuutta. Kattilalaitoksella on kaksi vuonna 2001 VAPOR Finlandin valmistamaa tulitorvituliputkikattilaa, joiden teho on 11,6 MW / kattila. Kattiloiden suurin sallittu käyttöpaine on 12 bar, korkein sisällön lämpötila 192 °C ja tilavuus on 35,8 m<sup>3</sup>. Kattiloiden höyryntuotanto teho on 2 · 18 t/h. Polttoaineena on maakaasu sekä tuotekaasu (off - gas). Kattilalaitoksella sijaitsee lisäveden valmistus sekä demineralisoidun veden (demi-vesi) valmistus. Kattilalaitoksella on oma valvomo ja normaalitilanteessa se on miehittämätön. Kattilalaitos on etäohjattu. Hälytykset välitetään Virve-verkon kautta.

#### 3.1 Maakaasu ja tuotekaasu

Maakaasulinja tulee Haminan Energian kaasulinjaa pitkin kattilalaitokselle paineen ollessa 3,6 bar<sub>g</sub> (Kuva 10). Maakaasua käytetään höyrykattiloiden polttoaineena sekä tuotantolaitoksella omakäyttöön tilalämmitykseen sekä toimistotilan lämpökattilan polttoaineena. Lämpökattila lämmittää patteriverkoston kiertoveden sekä kuuman käyttöveden.





Kuva 10 Kaasun jako kattilarakennuksessa

Tuotekaasut kerätään vakuumpumpuilla strippauskolonneista. Joissain tapauksissa vakumoidaan myös reaktiosäiliöitä. Kohteiden ja vakuumpumppujen välillä on alipaineiset lämmönvaihtimet, joilla tuotekaasu saadaan kuivattua. Vakuumpumppujen painepuoli on yhdistetty kattilalaitokselle menevään off-gas-putkistoon. Kattilalaitoksella olevat off-gas-puhaltimet (Kuva 11) imevät kaasuseosta putkistosta ja puhaltavat sen kattiloille menevään tuotekaasun syöttölinjaan.



Kuva 11 FIMA off-gas-puhallin 831 A

### 3.2 Kattila- ja demineralisoidunveden valmistus

Raakavesi tulee kattilalaitokselle määrämittarin kautta vesijohtoverkostosta. Se on laadultaan juomavettä ja käsitellään kattilavedeksi ajamalla pehmentimien läpi. Pehennyksessä vesi pumpataan kolmen, ioninvaihtohartsia sisältävien, säiliöiden läpi. Tällöin vedestä poistuu kovuutta aiheuttavat magnesium- ja kalsiumsuolat, jotka muuten kerrostuisivat kattilan lämpöpinnoille. Pehmentimien jälkeen vesi johdetaan ulospuhallussäiliössä olevan lämmönvaihtimen kautta syöttövesisäiliöön. SYVE-säiliöltä kattilavesi pumpataan ekonomaiserin kautta kattilaan.

Osa pehmentimien läpi johdetusta vedestä ohjataan RO-laitteiston (käänteis-osmoosilaitteiston) ja sekavaihtimien kautta tilavuudeltaan 30 m<sup>3</sup> puhtasvesisäiliöön. Tämän DEMI-vesi tuotannon kapasiteetti on 2,5 m<sup>3</sup> / h.

## 4 LAUHDEJÄRJESTELMÄ

Höyryn käyttö on pääosaltaan jaksoittaista. Koska suurin osa käytetystä höyrystä lauhuu suoraan lämmitettävään aineeseen, eli tuotteeseen, jäteveteen tai lämmitysveteen, ei lauhteen palautukseen ole kiinnitetty suurtakaan huomiota. Tähän vaikuttaa myös yhtiöraja höyryn tuotannon ja kulutuksen suhteen.

Varsinaisia palautuvia ja talteen otettavia lauhteita ovat tällä hetkellä ainoastaan tilalämmitysten lauhteet sekä eräät höyrylinjojen vesityslauhteet. Kattilalaitoksellakin lauhteen palautuslinja on johdettu suoraan ulospuhallussäiliöön. Se selittyy lauhteen epäpuhtauksilla (ruoste).

### 4.1 Lauhdelinjat

Lämmityslauhteet kerätään tällä hetkellä lauhdetukkiin tasolla 1. Täältä ne johdetaan kattilarakennukseen, jossa niihin yhtyy putkisillan alkupään lauhteenpoisto. Suurin osa höyrylinjojen vesityksistä ohjataan tällä hetkellä viemäreihin (kuva 12) tai WW4-säiliöön.



Kuva 12 Strippauskolonnien höyrylinjojen vesitykset ohjautuvat viemäriin.

Raaka-ainearastolla liuotusosaston kahden liuotus-säiliön lämmityshöyryn lauhteenpoistimien lauhdetta ei oteta talteen mahdollisten epäpuhtauksien vuoksi eikä varastosäiliötilan ilmastoinnin höyrypatterinlauhdetta lämmityshöyry toimintaongelmien vuoksi.

#### 4.2 Strippauksissa syntyvät lauhteet

Strippauksissa (tuote ja jätevesi) syntyvät lauhteet ovat vakuumilinjojen lämmönvaihtimien kondenssivesiä. Nämä vedet kerätään säiliöön ja pumpataan puhdistukseen, jossa VOC-kaasut erkanevat. Nämä vedet ohjataan puhdistuksen ja suodatuksen jälkeen edelleen WW4-säiliöön.

#### 4.3 Lämmityshöyryn lauhteet

Lämmityshöyryä käytetään tuotanto- ja toimistotilojen tuloilmakojeiden lämmityspattereissa, jätevedenkäsittelyssä olevan lämmitysjärjestelmän höyry/vesilämmönvaihtimessa sekä autolastausasemalla sijaitsevissa höyrypatterilämmittimissä. Näiden kohteiden lauhteet kerätään yhteen (Kuva 13), johdetaan tasolla 1 olevaan lauhdetukkiin ja palautetaan kattilalaitokselle. Samaan palautuslinjaan tulevat myös liuotusaseman lauhde sekä putkisillalla päähöyryputken vesitys.

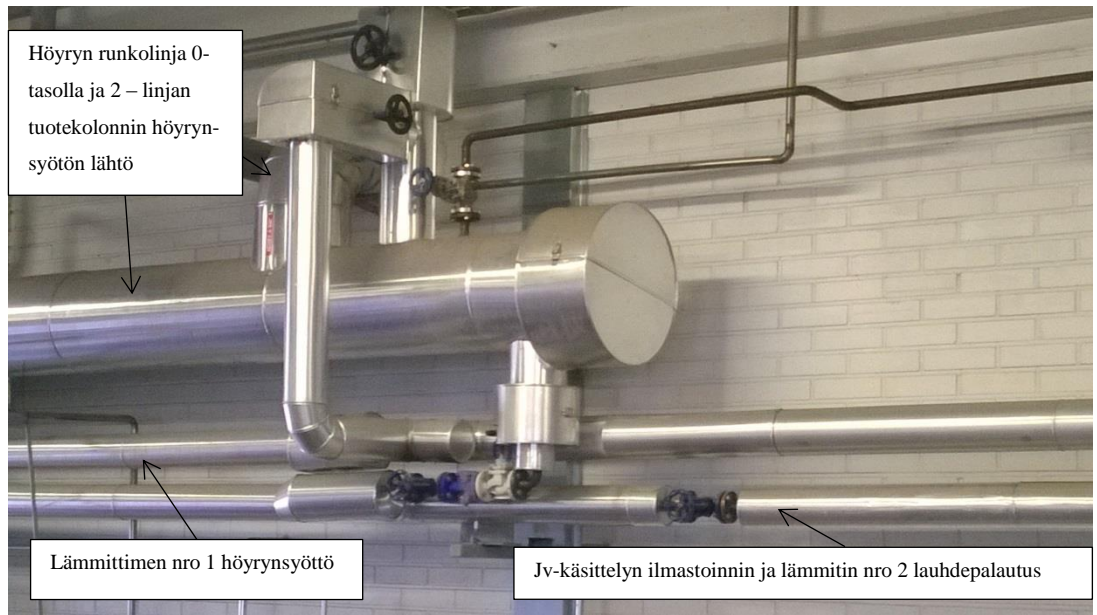


Kuva 13 Lauhteiden keruu ja siirto autolastausasemalla tasolla 0

#### 4.4 Höyryputkien vesityslauhteet

Vesityslauhteet ohjautuvat tällä hetkellä seuraavasti:

- Putkisillalla lauhteenpoisto on johdettu lauhteenpalautuslinjaan.
- Tasolla 1 reaktorien höyrynsyöttöjen putkistojen lauhteet johdetaan tasolle 0 ja siellä viemäriin.
- Autolastausasemalla on kolme vesitystä samassa höyrylinjassa (tason 0 runkolinja), joista kahden lauhteet ohjataan WW4-säiliöön ja yhden lauhde samaan palautukseen lämmityspatterin nro 2 ja jätevedenkäsittelyn ilmastoinnin lauhteen kanssa (kuvat 13 ja 14).
- tuotekolonniin höyrylinjojen lauhteet viemäriputkeen tasolla 0 (kuva 12).
- Tason 1 ja tason 2 höyrytukkien lauhteet kulkeutuvat kaatojen ja pystysuoran syöttöputken kautta autolastausaseman höyrytukin lauhteenerotuksiin.
- Raaka-ainevarastossa olevien liuotussäiliöiden lämmityshöyrylinjan lauhteet on johdettu poistettaviksi.



Kuva 14 Autolastausasema lauhdepalautus

## 5 ENERGIAN KULUTUS

Vuonna 2012 kokonaishöyryntuotanto oli xxxx t, josta blow-out höyryä xxx t. Prosesihöyryn määrä oli xxxx t, sama määrä syntyi myös lauhdetta (1 kg höyryä = 1 kg lauhdetta). Tämä lauhdemäärä jakaantuu tuotteeseen ja jäteveten strippauksissa lauhduneeseen veteen, lämmityshöyryn lauhteeseen sekä höyryputkien lauhteenpoiston lauhteeseen. Veden tiheys muuttuu lämpötilan mukaan, mutta jos tiheytenä pidetään arvoa  $1\ 000\ \text{kg/m}^3$ , on kyseessä oleva vesimäärä xxxx  $\text{m}^3$ . Eri lauhdejakeiden jakautumista ei ehditty mittaamaan, mutta se selviää, jos lauhteen keruu ja hyötykäyttö toteutetaan.

### 5.1 Maakaasun kulutus

Laitoksen tilojen lämmitykseen käytetyn kaasun kaasunkulutus v. 2012 oli xxxx  $\text{m}^3$  (xxx MWh). Kulutus vaihtelee vuodenaikojen mukaan erittäin paljon, juuri lämmityskäytöstä johtuen. Vuonna 2012 minimikulutus oli heinäkuussa xxx  $\text{m}^3/\text{kk}$  (xx MWh) ja maksimikulutus helmikuussa xxxx  $\text{m}^3/\text{kk}$  (xxx MWh). Maakaasun määrän muunnos energiaksi on laskettu kaavalla kaasumäärä  $\text{m}^3$  kerrottuna tehollisella läm-

pöärvolla (maakaasun likiarvo  $10 \text{ kW} / \text{m}^3$ , tarkka-arvo Haminan Energian mukaan) ja hyötysuhteella, eli  $1 \text{ m}^3 \cdot 0,00965 \text{ MWh/m}^3 \cdot 95 \% = 0,0091675 \text{ MWh}$ .

## 5.2 Höyryn kulutus

Sopimuksen mukaisesti minimituotanto kattilalaitoksella on xx t/h. Maksimissaan höyryntuotanto on silloin, kun molempien linjojen tuotestrippaus, jätevedenstrippaus sekä lämmityshöyryn tarve on suurimmillaan, tällöin höyryn tuotanto on xx - xx t/h.

Höyryn kulutus v. 2012 oli xxx t, josta blow-out höyryn osuus oli xxx t, Tämän ulospuhallushöyryn energiasisältö oli xxx MWh. Höyryn sisältämä energian muuntokerroin  $0,7577 \text{ MWh/t}$  on määritelty Haminan Energian ja BASF:in välisessä prosessi-höyryn toimittamis- ja tuotekaasun polttosopimuksessa. Koska höyry toimitetaan vakiolämpöisenä ja -paineisena ( $150 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $4 \text{ bar}_g$ ) on kerroin saatu jakamalla höyryn sisältämä ominaisentalpia ( $2\,727,72 \text{ kJ/kg}$ ) tunnin sekuntimäärällä ( $3600 \text{ s/h}$ ) ja muuttamalla tonneiksi ( $1000 \text{ kg/t}$ ), eli  $2\,727,72 \text{ kW s/kg} / 3\,600 \text{ s/h} \cdot 1\,000 \text{ kg/t} = 757,7 \text{ kWh/t} = 0,7577 \text{ MWh/t}$ . Höyryn tarve kuukausitasolla vaihtelee riippuen tuotantomääristä. Vuonna 2012 minimi oli maaliskuussa xxx t/kk ja maksimi heinäkuussa xxx t/kk.

Ilmastoinnin höyrylämmityspattereiden tehot ja kulutus on seuraava:

- tuotantotilan ilmastointipatterien teho  $520 \text{ kW}$  höyryn kulutus noin  $800 \text{ kg/h}$
- toimistotilan ilmastointipatterin teho  $130 \text{ kW}$  höyrynkulutus noin  $200 \text{ kg/h}$
- liuotusasema, patterin teho  $70 \text{ kW}$  höyrynkulutus noin  $100 \text{ kg/h}$
- säiliöalue, patterin teho  $105 \text{ kW}$  höyrynkulutus noin  $150 \text{ kg/h}$
- jv-käsittelyn ilmastoinnin nestekierto lämmityksen lämmönvaihdin  $180 \text{ kW}$
- autolastausaseman patteri 1 teho  $125 \text{ kW}$
- autolastausaseman patteri 2 teho  $125 \text{ kW}$ .

Jollei patterin höyrynkulutusta ole saatavilla, suuntaa-antava sääntö höyrypatterin tehon ja höyryn kulutuksen välillä on kertoa patterin teho kertoimella 1,7.

## 5.3 DEMI-veden kulutus

Demineralisoidun veden käyttökohteita on tuotekolonniin höyryn kostutus (noin  $450 \text{ kg/h} / \text{kolonni}$ ), vetyperoksidin laimennus, prosessikemikaalin laimennus ja laborato-

rio. Suurimmat kulutuskohteet ovat vetyperoksidin ja prosessikemikaalin laimennukset. Laimennuksessa käytetty vesimäärä on noin  $6 \text{ m}^3/\text{h}$ . Molempia laimennuksia ei tehdä yhtä aikaa, joten suurin hetkittäinen kulutus on noin  $7 \text{ m}^3/\text{h}$  eli  $1,94 \text{ l/s}$ .

Kyseistä vettä on aikaisemmin käytetty raaka-ainevarastossa olevien jauhemaisten kemikaalien liuotukseen, mutta siitä on luovuttu. Nykyisin liuotukseen käytetään vesijohtoverkoston vettä. Aikaisempi tarve selittää kattilalaitoksella olevan pumpun tehon  $Q = 35 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H = 50 \text{ m}$ ,  $P = 10 \text{ kW}$  2949 1/min. Pumpun tuottoa pienentämällä nykytarpeeseen sopivaksi saataisiin aikaan energiasäästöä.

## 6 PARANNUSEHDOTUKSET

Hankaluutena tällä hetkellä on se, että tuotantolaitoksella ei ole puhtaan veden säiliötä (lauhdesäiliötä tai lämminvesisäiliötä), johon lauhteen voisi puhdistuksen jälkeen palauttaa. Lauhde- ja lämminvesisäiliöiden hankinta vaatii investointeja ja työn rajaamisen kannalta niiden tarkempi pohtiminen jää pois, joten asiaa on lähestytty vain pääpiirteittäin.

### 6.1 Lauhteen keräily ja palautus

Suodattamattomat lauhteet voisi kerätä lauhdesäiliöihin. Säiliötä tarvitaan, jotta eripaineiset lauhteet saadaan saman paineisiksi, suodattaminen helpottuisi sekä eri puhdistusasteiset lauhteet olisivat erotettuja. Lauhteen palauttaminen ja palauttamisen säätö kattilalaitokselle (syve-säiliön paine  $0,5 \text{ bar}_g$ ) tai lauhteen käyttö vaihtoehtoisin kohteisiin helpottuisi säiliöstä pumppaamalla.

Eripaineisten lauhteiden johtaminen samaan keruuputkeen aiheuttaa häiriöitä. Lauhteen keräyskohteesta riippuen, lauhteen lämpötila voi olla yli veden höyrystymislämpötilan normaali-ilmapaineessa ( $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Esimerkiksi  $1 \text{ bar}_g$  paineessa veden höyrystymislämpötila on  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ , jolloin johdettaessa normaalipaineiseen putkeen lauhdetta, jonka lämpötila on yli  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , höyrystyy lauhde välittömästi. Kyseinen ilmiö on havaittavissa autolastausasemalla napsahdusäänenä lauhdelinjassa.

Lauhdesäiliöissä kyseistä hönkähöyryä voitaisiin hyödyntää mm. hönkähöyrylämmönvaihtimen avulla, sillä hönkähöyryllä on suuri energiasisältö, esimerkiksi lauhtessaan 100 °C höyry 100 °C vedeksi entalpiaero on  $2674,4 \text{ kJ/kg} - 418,88 \text{ kJ/kg} = 2255,52 \text{ kJ/kg}$ .

Autolastausasemalle voisi sijoittaa yhden lauhdesäiliön, johon johdetaan autolastausaseman lämmittimien, jv-käsittelyn lämmitysten ja kaikki höyrylinjojen vesitysten lauhteet tasolta 0. Tason 1 ja tason 2 sekä tilojen tuotanto- ja toimistotilojen ilmastoinnin lauhteet voisi kerätä lauhdetukkiin, johon pumpataan myös autolastausaseman lauhdesäiliöltä kerätyt lauhteet. Lauhdetukista lauhteet ohjautuisivat painovoimaisesti suodattimen läpi puhtaan lauhteen säiliöön tai lämminvesisäiliöön. Lauhdesäiliöstä lauhde olisi pumpattavissa nykyistä palautuslinjaa pitkin kattilalaitokselle tai vaihtoehtoisesti kemikaaliliuotukseen.

Raaka-ainevaraston lauhteet (vesityksien, ilmastointien ja lämmönvaihtimien) voisi kerätä lauhdetukkiin, josta lauhde ohjautuu suodatuksen läpi puhtaan lauhteen säiliöön. Kyseisestä säiliöstä lauhde pumpattaisiin liuotussäiliöihin tai palautukseen kattilalaitokselle. Putkisillan lauhteen palautusputkessa olisi ohjausmahdollisuus raaka-ainevaraston puhtaan lauhteen säiliöön, eli kyseinen putki toimisi tulo- tai menoputkena, tarpeen mukaan.

Lauhdepalautuksen tuotantolaitokselta kattilalaitokselle, jota voisi hyödyntää sellaiseen syöttöveden joukossa, eli lauhde palautettaisiin suoraan syve-säiliöön, täytyy lauhteen täyttää laatuvaatimukset. Saksalaisen VGB-standardin mukaiset laadunvarmistusmittaukset lauhteelle vesikiertojärjestelmässä ovat:

- lämpötila (välttämätön valvonta)
- konduktiivisuus (jatkuva toiminen mittaus välttämätön)
- happokapasiteetti (välttämätön valvonta)
- $\text{SiO}_2$  eli piihappo (välttämätön valvonta)
- $\text{O}_2$  eli happi (jatkuva toiminen mittaus välttämätön)
- $\text{CO}_2$  eli hiilidioksidi (suositeltava valvonta)
- $\text{Cl}^-$  eli kloori (välttämätön valvonta)
- $\text{Cu}^{++}$  eli kupari (välttämätön valvonta)
- Fe eli rauta (suositeltava valvonta)
- Na (välttämätön valvonta)



- $\text{NH}_4^+$  (välttämätön valvonta)
- $\text{N}_2\text{H}_4$  eli hydratsiini (välttämätön valvonta)
- öljy (suositeltava valvonta). (Huhtinen, et al., 2000)

DENÅ:n (Dansk Kedelforening + Ekono + Norsk Dampkedelforening + Ångspanneförening) vesisuositukset syöttövedelle ovat (käyttöpaine  $>0,5 - 20$  bar) taulukossa 1.

Taulukko 1. DENÅ syöttöveden vesisuositukset (Huhtinen, et al., 2000)

Muuttuja	Yksikkö	Syöttövesi
Ulkonäkö		kirkas
Sähkönjohtavuus	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$< 0,2$
kokonaisjohtavuus (Ca + Mg)	mmol/l	$<0,02$
Natrium ja Kalium (Na + K)	mg/l	-
Rauta (Fe)	mg/l	$<0,05$
Kupari (Cu)	mg/l	$<0,02$
Happi ( $\text{O}_2$ )	mg/l	$<0,002$

### 6.1.1 Kerättävän lauhteen puhdistus

Lauhteenpuhdistuslaitoksia käytetään yleensä teollisuuden voimalaitoksissa, kaukolämpölaitoksissa sekä pelkissä sähköntuotantolaitoksissa, joita joudutaan usein ajamaan alas. Lauhteen poisto tapahtuu joko mekaanisesti, magneettisuodattimilla tai ioninvaihtimilla. Mekaaniset suodattimet ovat tyypiltään hiekkasuodattimia, aktiivihiihli-suodattimia, kynttiläsuodattimia ja päällystesuodattimia. (Huhtinen, et al., 2000)

Koska tuotantolaitoksen lauhteissa ainoa epäpuhtaus on ruoste, ei tarvetta ole kuin mekaaniselle suodatukselle, jota tehostamaan voidaan käyttää myös magneettisuodatusta. Normaalisti pienestä määrästä ruostetta kattilalaitoksella ei ole haittaa, sillä se muodostaa kattiloiden höyrystyspintoihin magnetiittikalvon ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), joka on erinomainen korroosiosuoja. Itse tuotantoprosessissa metallipartikkelit eivät ole toivottuja.

Lauhteen suodatukseen voisi käyttää kuva 15 kaltaisia suotimia. Kyseiset suotimet ovat HAYWARD Filter Technik GmbH & Co valmistamia GAF pussisuodattimia.

Suodattimen painekesto on -1 - 10 bar<sub>g</sub>, lämpötilankesto 120 °C ja tilavuus 440 l, joten mitoitusarvojen puolesta se soveltuu erittäin hyvin kyseiseen tarkoitukseen.



Kuva 15 GAF-pussisuodin

Suodatinmateriaalivaihtoehtoja kyseiseen suodattimeen on useita. Hyxo Oy:n maahan-tuo EATON-pussisuodattimia, esimerkiksi EATON PO-10-P02E-30L, jonka suodatusaste on 10 µm (liite 1). Kyseisiin suodattimiin saa myös Hyxolta raudanpoistomagneetteja, tyypiltään kestmagneetteja, jotka puhdistetaan manuaalisesti.

## 6.2 Likaisen lauhteen lämpöenergian hyödyntäminen

Vakuumilinjojen lämmönvaihtimista tiivistynyt noin 70 °C lauhde sisältää paljon lämpöenergiaa, mutta sen hyödyntäminen on hankalaa lauhteen sisältämien tahmaavien partikkeleiden vuoksi. Lämmönvaihtimilla siitä saataisiin lämpöenergiaa talteen, mutta juuri likaavan ominaisuutensa vuoksi lämmönvaihtimien tukkeutuminen aiheuttaisi ongelmia enemmän kuin siitä saatava hyöty tulisi olemaa.

## 6.3 Höyryn kulutuksen tasaaminen (höyryakku)

Höyrynkulutuksen epätasaisuuden ja höyryn jatkuvan tuoton tuotekaasun polton vuoksi, höyryakku olisi erinomainen vaihtoehto tasaamaan höyrynkulutusta, sekä säästämään energiaa ulospuhallushöyryn vähenemisen myötä. Höyryakun mahdolini-

suutta on tutkittu v. 2010. Akkukapasiteetiksi olisi alkulaskelmien mukaan tullut 250 m<sup>3</sup> säiliö, latauskapasiteetti 6 t/h ja purkauskapasiteetti 17,5 t/h. Kattiloiden paine olisi nostettu 10,5 bar<sub>g</sub> ja höyryn lämpötilaksi 186 °C joka olisi akun höyryn lataamispaine ja -lämpötila.

#### 6.4 Raakaveden kulutuksen pienentäminen

Raakavesi tuotantolaitoksella on puhdasta käyttövettä kunnallisesta vesilinjasta. Kemikaaliliuotus tapahtuu raakaveteen. Liuotussäiliöön annostellaan tarvittava vesimäärä, jota lämmitetään suoraan höyryllä haluttuun lämpötilaan. Tämän jälkeen jauhemainen kemikaali syötetään veteen. Valmis liuos pumpataan varastosäiliöön annostelua varten. (BASF eDMS, 2013)

Kyseisiä eriä valmistetaan viikoittain, ja niihin tarvittava vesimäärä on noin 60 - 90 m<sup>3</sup> viikossa. Tätä vesimäärää voitaisiin ainakin osin korvata puhdistetulla lauhteella. Jos liuotukseen johdetaan höyryputkien vesityslauteet, saadaan myös lämpöenergiaa hyödynnettyä. Vesimäärän säästö riippuu tietysti syntyvien lauhdeiden määrästä.

#### 6.5 Demineralisoidun veden käytön pienentäminen

Puhdistettua lauhdetta voidaan käyttää sellaisenaan korvaamaan demi-vettä höyryn kostutukseen tuotekolonneissa, peroksidin sekä prosessikemikaalin laimennukseen. Laboratorion käyttöön lauhde voidaan lisäsuodattaa, jotta riittävä puhtausaste saavutetaan.

Höyrykattilalaitoksella on 30 m<sup>3</sup> demi-veisäiliö, johon voitaisiin johtaa puhdistettua lauhdetta. Lauhteen johtamisen muutos olisi helposti toteutettavissa pienellä putkimuutoksella, lisäämällä nykyiseen palautetun lauhteen palautuksen valintaan (syve-säiliö / ulospuhallussäiliö), ohjaus demi-veisäiliöön. Säiliön jälkeinen pumppu on mitoitettu demi-veden annosteluun tuotantolaitoksen alkuperäisen tarpeen mukaisesti, joten sen tuotto riittäisi kasvaneeseen tarpeeseen. Nykytilanteeseen pumpun tuotto on liian suuri (kohta 5.3).

## 6.6 Maakaasun käytön pienentäminen

Maakaasua omakäyttö tuotantolaitoksella vaihtelee vuodenajasta riippuen erittäin paljon, vaihteluvälin ollessa xxx - xxx m<sup>3</sup> kuukaudessa, energiana sama vaihteluväli on xx - xx MWh.

Tästä kulutuksesta toimistotilat käyttää kaasua maakaasukattilassa (kuva 16) patteriverkoston lämmittämiseen sekä lämpimän käyttöveden lämmittämiseen, tila varistorakennus kaasutoimisiin ilmalämmittämiin (kuva 17) sekä kunnossapitorakennus lämpösäteilijä lämmittämiin (kuva 18). Kulutuskohteet, tyypit ja tehot ovat taulukossa 2:

Taulukko 2. Kaasunkulutuskohteet ja tehot

Paikka	Valmistaja	Tyyppi	kpl	Teho kW	Max teho kW
Toimistorakennus	Laatukattila Oy	LAKA ZKL – 100	1	100	100
Varasto	Reznor	EURO-X.10756	4	69,9	279,6
Kunnossapito	Solaronics	SR11 82	2	2 x 12,8	51,2



Kuva 16 Toimistotilan maakaasukattila



Kuva 17 Varaston kaasutoiminen ilmalämmitin



Kuva 18 Kunnossapidon kaksioitehoinen ylhäältä lämmittävä korkealämpötilasäteilijä

Maakaasun käyttö lämmityksiin on ollut perusteltua tehtaan rakentamisen aikoihin mutta viimeisen 12 vuoden aikana maakaasun markkinahinta on noussut yli kaksinkertaiseksi (Energiavirasto, 2014). Hyödyntämällä höyryä lämmitykseen, voitaisiin maakaasun osuutta lämmityksessä ja blow-out-höyryn määrää pienentää.

Eräs vaihtoehto on siirtyä käyttämään suoraa höyrylämmitystä tai kiertovesityyppisesti, kuten jätevedenkäsittelyssä on tehty. Kiertovesityyppinen tarkoittaa sitä, että primääripiirissä on höyrylämmitys ja sekundääripiirissä kiertää kaukolämpövesi, esim. vesi-glykoli seos. Tällä lämmitettäisiin tilat varasto ja kunnossapitorakennus. Se voitaisiin kytkeä myös säiliöalueen lämmitykseen sekä liittää lämmönvaihtimen avulla tilan toimistotilojen lämmitykseen. Nykyiset maakaasulämmityslaitteistot voitaisiin jättää varalle häiriötilanteita tai kaikkein kylmimpiä ajanjaksoja varten, riippuen kiertovesilämmönvaihtimien mitoituksesta. Syntyvä lauhde johdettaisiin aikaisemmin mainittuun lauhteen talteenottojärjestelmään.

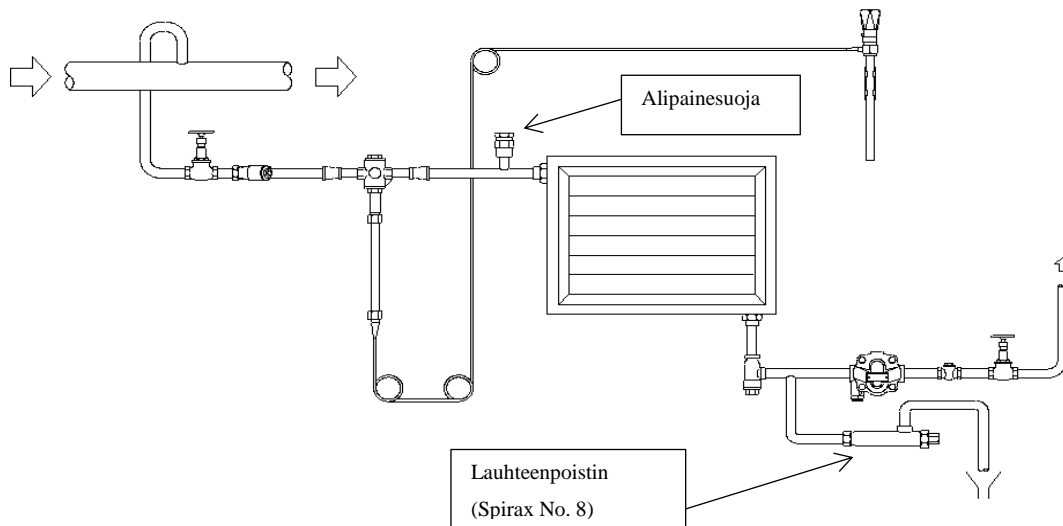
## 6.7 Ilmastoinnin lauhdemuutokset

Tuotantolaitoksen ilmastoinnin ja tilalämmityksen höyrypattereiden runsas vikaantuminen (talvikautena 2013 -2014) työllisti kunnossapitoa. Ilmastointien höyrypattereiden reikiintyminen on johtunut lähes poikkeuksetta siitä, että patteri on ollut lauhdelastissa höyryn alkaessa virrata patteriin. Tällöin on syntynyt paineiskuja ja pattereiden pillistöihin on syöpinnyt pistemäisiä reikiä. Näitä tilanteita ilmenee varsinkin silloin, kun lämmitystarve ei ole jatkuvaa, eli höyryventtiili on välillä sulkeutuneena ja lauhde patterissa pääsee jäähtymään. Koska lauhteenpoistimet tarvitsevat paine-eroa poistimen tulo- ja poistopuolen välille, lauhde ei poistu, vaan patteriin saattaa muodostua hieman alipainetta, riippuen lauhteenpoistimen tiiveydestä.

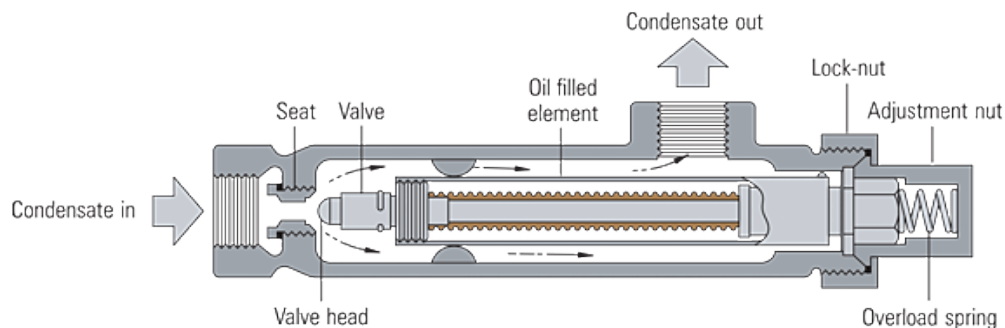


Kuva 19 Säiliöalueen ilmastointikoje ja lauhteenpoistin nro 006

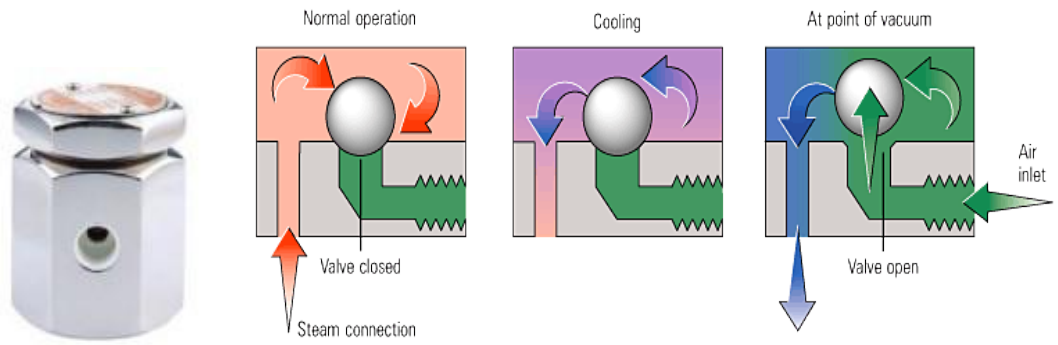
Kuvassa 19 näkyy edellä mainitusta syystä pikaratkaisuna patteripuhkeamisongelmaan tehty ratkaisu, jossa lauhde johdetaan suoraan letkua pois. Lauhteen poiston varmistamiseksi voidaan pattereiden lauhdepuolelle lisätä esimerkiksi Spirax Sarcon lauhteenpoistin n:o 8 (kuvat 20 ja 21), joka kautta kylmä lauhde poistuu. Lauhteen lämpötilan saavuttaessa säädetyn lämpötilan, poistin sulkeutuu ja lauhde kulkee normaalisti varsinaiseen lauhdejärjestelmään. Jotta höyrypatteri tyhjenee täydellisesti lauhteesta, eikä jää alipaineiseksi, varustetaan se myös alipainesuojalla (kuvat 20, 22 ja 23), joka päästää ilmaa patteriin lauhteen poistuessa. Syötettäessä höyryä patteriin, patterissa oleva ilma poistuu lauhteenpoistimen kautta pois. Nämä toimenpiteet varmistavat sen, että höyryventtiilin avautuessa patteri on täysin tyhjä lauhteesta, eli kuiva.



Kuva 20 Höyrypatteri varustettuna alipainesuojalla ja tyhjentimellä (Kuva Spirax)



Kuva 21 Lauhteenpoistin nro 8 (Kuva Spirax)



Kuva 22 Alipainesuoja Kuva 23 Alipainesuojan toiminta (Kuvat 22 ja 23 Spirax)

Tuotantotilan ilmastoinnin lämpöpattereiden (kuva 24) reikäongelman poistamiseksi asennettiin höyryn syöttölinjaan alipainesuoja VB21 (kuva 25) ja vaihdettiin tasapainotetut termistaattiset poistimet BPT30Y uimurityyppisiksi poistimiksi FT14-4,5 (kuva 26). Patterien jälkeisessä lauhdelinjassa on vielä lauhteenpoistin ennen lauhdetukkia ja tämä poistin ohitettiin (kuva 27).



Kuva 24 Tuotantotilan ilmastoinnin höyrypatterin alkutilanne ennen muutosta





Kuva 25 Tuotantotilan ilmastoinnin muutos, lisätty alipaineventtiili



Kuva 26 Tuotantotilan ilmastointi ja uudet poistimet 22 ja 23 Spirax FT14-4,5



Kuva 27 Tuotantotilan ilmastoinnin ohitettava alapoistin nro 021

Toimistotilan ilmastoinnin lämmityspatteria jouduttiin korjaamaan myös kerran talvel-  
la 2013- 2014, patteriin syöpyneiden pistemäisten reikien vuoksi (kuva 28). Myös  
tässä tapauksessa todennäköisin syy on patterin lauhdelasti yhdistettynä höyryn syöt-  
töventtiilin toimintaan. Kyseinen säätöventtiilin säätöparametrit eivät olleet optimaali-  
set, vaan venttiili säätö tapahtui on-off tyyppisesti, rasittaen patteria todella paljon.  
Tästä johtuen, patterin jälkeisen raitisilman lämpötilan vaihtelu oli noin 15 °C - 30 °C,  
asetusarvon ollessa 21 °C ja ulkolämpötilan -5 °C. Tämä vaihtelu saatiin rauhoittu-  
maan asettamalla minimiavautumisprosentiksi 30 %. Tätä minimiavautumisprosenttia  
joudutaan pienentämään ulkolämpötilan noustessa, ennen kuin parametrit saadaan ase-  
teltua oikein. Tarkempien parametrien asettelu jätettiin ilmastointihuoltosopimustoi-  
mittajalle.



Kuva 28 Toimistojen tilailmastoinnin lämmitys (poistin nro 24)

Kyseinen höyrypatteri kunnostettiin kuvan ottamisen jälkeen (lauhdetta on valunut lattialle rikkoutuneesta patterista) ja käyttöön oton jälkeen saatiin säätöpiiri rauhoittumaan. Roskasihdin sihtilieriön oikea asento on vaakasuuntaisessa höyry- ja kaasuputkessa vaaka-asento, nesteputkessa se voi olla kuvan osoittamalla tavalla.

Autolastausaseman patterivaurioiden todennäköinen syy on myös höyrypatterien lauhdelasti ja eripaineisten lauhteiden johtuminen samaan lauhdeputkeen. Tämä ongelma poistuisi johtamalla kaikki alueen lauhteet samaan lauhdesäiliöön, josta ne pumpattaisiin eteenpäin. Samalla tulisi lisätä järjestelmään alipaineventtiilit, joilla patterit saataisiin lauhteettomiksi, kun lämmitystarvetta ei ole.

## 6.8 Kolonnien höyrynsyöttölinjan lauhteenpoisto

Kolonnien höyrynsyöttölinjaan tulisi lisätä lauhteenpoistoja, koska höyrylinjaan kertyy runsaasti lauhdetta linjan rakenteesta ja höyryn kostutuksesta johtuen. Linjaan kertynyt lauhde aiheuttaa putkistoon paineiskuja, kun kolonnin höyrynsyöttö alkaa. Lisäämällä rengaslinjaan lauhdetasku ja lauhteenpoisto, saataisiin lauhteen keräytymisestä johtuvat paineiskut poistettua.

## 7 LAUHDEJÄRJESTELMÄN MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS

Laitoksella ei ole ollut aikaisemmin varsinaista lauhdejärjestelmään liittyvää määräaikaistarkastusta, ja sellainen oli syytä luoda. Aikaisemmin sovellettiin RTF ajotapaa (Run To Failure) eli korjattiin kun vikaa ilmeni. Yleisin lauhteenpoistimen vaihtosyy oli poistimen puhkeaminen. Höyry ja lauhdejärjestelmän määräaikaistarkastus ja yleensäkin huomion kiinnittämien höyry ja lauhdejärjestelmän toimintaan, parantaa energiataloutta, varmistaa järjestelmän toimintakunnon ja lisää turvallisuutta.

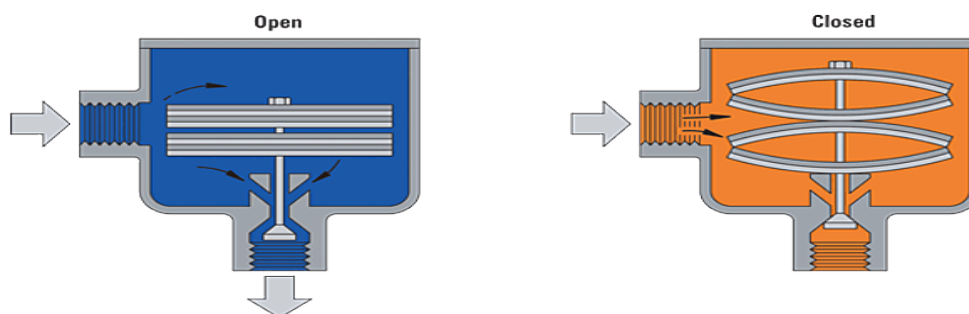
### 7.1 Lauhteenpoistimien tyypit ja toiminta

Lauhteenpoistimet ovat höyryputkiston kannalta elintärkeitä komponentteja. Kattilalaitokselta tullessaan höyry alkaa välittömästi kondensoitua höyryputkistoon. Jos kondenssia ei johdeta hallitusti pois ja varmisteta täten höyryn esteetöntä virtausta, aiheutuu linjaan mm. paineiskuja ja termodynaaminen hyötysuhde huononee.

Erilaisia lauhteenpoistimia ovat:

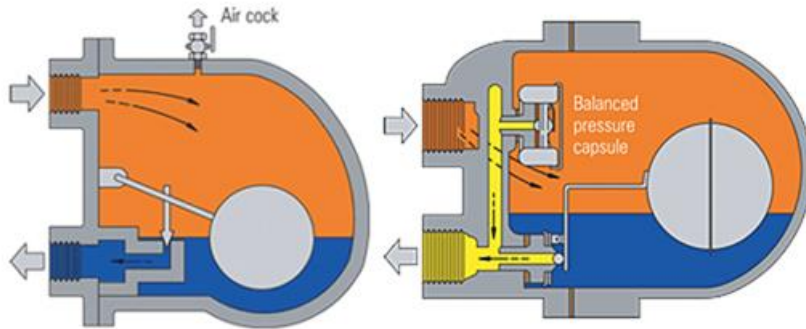
- termostaattinen
- mekaaninen
- termodynaaminen
- lauhdepumppu (omatoiminen).

Termostaattisilla lauhteenpoistimilla (kuva 29) toiminta perustuu nestetäytteiseen kapselipalkeeseen tai bi-metallipakkaan joka avautuu, kun ilmaa tai lauhdetta kertyy poistimen eteen ja ilma tai lauhde alijäähtyy riittävästi. Poistin sulkeutuu, kun virtaus muuttuu kylläiseksi höyryksi.



Kuva 29 Termostaattisen lauhteenpoistimen toiminta (kuva Spirax)

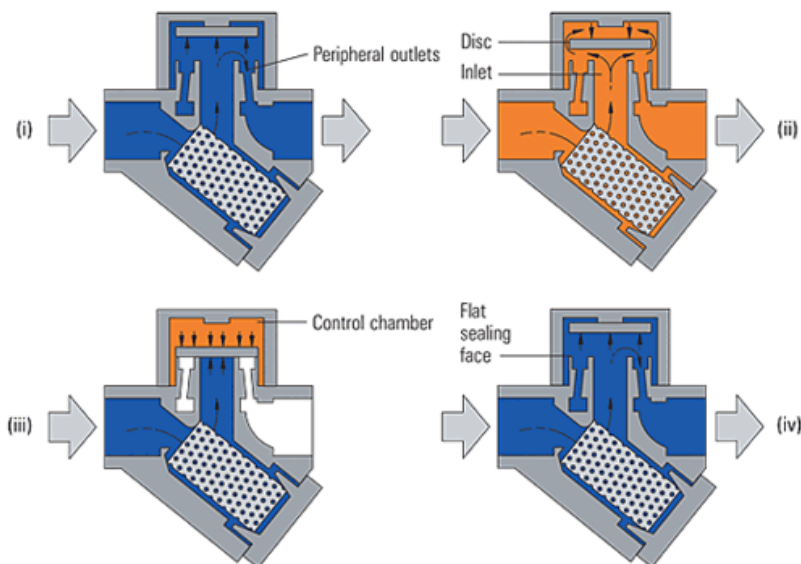
Mekaanisen lauhteenpoistimessa (kuva 30) uimuri tms. avaa poistimen läpivirtauksen poistimeen kertyvän lauhteen pinnankorkeuden mukaan. Ilmaa kyseinen uimuripoistin ei havaitse, jolloin ilmanpoistoon tarvitaan terminen lauhteenpoistin uimurikammioon lauhdepinnan yläpuoliseen osaan.



Kuva 30 Mekaanisen lauhteenpoistimen toiminta (kuva Spirax)

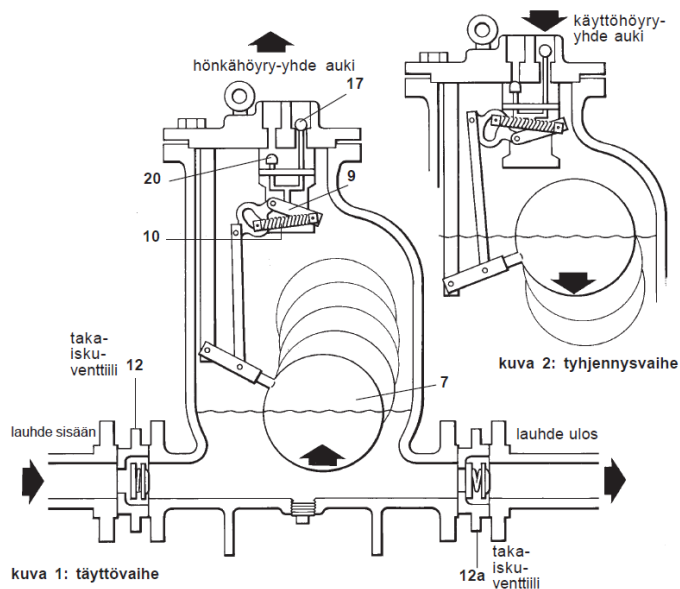
Termodynaamisessa lauhteenpoistimessa (kuva 31) toiminta perustuu Bernoullin lakiin. Virtausnopeuden kasvaessa poistimessa, tulopuolen staattinen paine alenee dynaamisen paineen määrällä ja läpi menneen ylikylläisen lauhteen uudelleen höyrystymisestä, eli hönkähöyrystä johtuvat dynaamiset voimat sulkevat poistimen.

(MOTIVA, 2011)



Kuva 31 Termodynaamisen lauhteenpoistimen toiminta (kuva Spirax)

Lauhdelinjat suunnitellaan yleensä laskeviksi, mutta joissain tapauksissa joudutaan lauhdetta nostamaan korkeammalle tasolle. Teoriassa lauhdetta voidaan nostaa lauhteenpoistimilla 1 m 0,11 bar höyrypainetta kohden. Tavallisesti tähän käytetään lauhdepumppua. Omatoiminen lauhdepumppu (kuva 32) on automaattisesti höyryn painetta hyödyntävä lauhteensiirrin. Pumpussa on normaali uimurityyppinen lauhteenpoistin. Lauhteen kertyessä pumppuun hönkähöyryventtiili on auki ja päästää hönkähöyryn ulos. Pinnan saavuttaessa ylärajan, sulkeutuu hönkähöyryventtiili ja höyryventtiili avautuu. Takaiskuventtiilit ovat tulo ja poistupuolella. Korkeapaineisemman höyryn virratessa lauhdepesään, pesä tyhjenee poistupuolelle ja uimuri laskeutuu, jolloin höyryventtiili sulkeutuu ja hönkähöyryventtiili avautuu. (Spirax Sarco, 2013)



Kuva 32 Omatoiminen lauhdepumppu Spirax MFP 14 (Spirax)

## 7.2 Vuotohöyryn määrän määrittäminen

John Napier (1550 – 1617) on kehittänyt yhtälön (Napiers equation), jolla pystytään määrittämään kuristimen läpi virtaavan höyryn määrä. Lauhteenpoistimissa on sisäinen kuristus, jolla pyritään rajoittamaan höyryn läpilaskua vikatapauksissa, joten yhtälöllä voidaan määrittää höyryn läpilaskun määrää vikaantuneessa lauhteenpoistimessa.

Alkuperäinen kaava  $W = 24,24 \cdot P_a \cdot D^2$  missä paine on  $psi_a$ , halkaisija  $D$  tuumina ja tulos  $lbm / h$ . (Emerson Process Management, 2013)

Tästä on metrijärjestelmään sovellettu kaava:

$$W = 0,2471 \cdot P_a \cdot D^2 \quad (1)$$

W vuotohöyry kg/h

0,2471 vakioarvo

$P_a$  höyryn paine  $\text{bar}_a$

D sisäisen kuristimen halkaisija mm.

Tuotantolaitoksella yleisesti käytössä oleva lauhteenpoistintyyppi Spirax Sarcon FT 14 – 4,5 DN 25 sisäinen kuristin on 5,7 mm (Paljakka, 2014), joten höyrynpaineella 4  $\text{bar}_g$  läpivirtaavan teoreettinen höyryn määrä on  $W = 0,2471 \cdot 5 \text{ bar} \cdot 5,7^2 \text{ mm} = 40,1 \text{ kg/h}$ . Tämä määrä purkautuisi paineettomaan putkeen ja jos putkessa on vastapainetta niin kuin normaalisti on, vuotomäärä pienenee oleellisesti, STM ohjelmalla laskettuna ja vastaavilla arvoilla sekä 0,5 bar vastapaineella vuotomäärä olisi 16,9 kg/h. (Paljakka, 2014)

Spirax Sarcolta saadun kaavan (2) mukaan, vuotomäärän laskenta ottaa huomioon myös lauhdeputken paineen, eli vastapaineen, höyryn ominaistiheyden sekä vuotoreikän ja tuloputken välisen halkaisijasuhteen:

$$m = 0,0075 E d^2 \sqrt{\left(\frac{\Delta p}{v_g}\right)} \quad (2)$$

m vuotohöyrymäärä kg/h

$\Delta p$  painehäviö tulo- ja lauhdeputken paineen välillä ( $\text{mmH}_2\text{O}$ )

d istukan halkaisija (eli vuotoreikä) mm

D putken sisähalkaisija mm

E  $\frac{1}{\sqrt{(1-\beta^4)}}$  jossa  $\beta = d/D$

$v_g$  höyryn ominaistilavuus  $m^3/kg$ .

Koska saatu vuotomäärä on kuitenkin teoreettinen, niin esimerkiksi Spirax Sarcon STM ohjelma (Steam Trap Management System) vuotolaskennassa paine-eroa pienennetään 42 % ja saadusta tuloksesta vielä 33 %.

### 7.3 Määräaikaistarkastus

Vikaantunutta poistinta, jonka läpi höyry virtaa jatkuvasti tai ei ollenkaan, ei helposti havaita. Jatkuvasti läpi virtaavan höyryn havaitsemiseen tarvitaan yleensä ultraäänimittalaite, tosin lämpökamerallakin sen pystyy havaitsemaan, jos prosessin ja poistimen toiminnan tuntee. Lauhteenpoistimen, joka on jumissa, eli ei päästä lauhdetta läpi tai päästää sitä huonosti läpi, paljastuu ultraäänimittalaitteella. Lämpökameralla asia saadaan varmistettua. Prosessilaitte (esim. höyrypatteri) jonka toiminta on huonontunut, havaitaan ennen poistimen vikaantumista, mutta asian varmistaminen ja syyn selvittäminen helpottuu lämpökameralla. Höyrylinjojen vesityksessä olevan lauhteenpoistimen huono toiminta tai toimimattomuus ei ole havaittavissa ilman mittalaitteita, joten lauhteen kerääntyminen höyryputkeen ja siitä johtuvanpaineiskun vaara kasvaa.

Varsinainen määräaikaishuolto lauhtejärjestelmälle koostuu kaikkien lauhteenpoistinten kuntokartoituksesta syksyisin, kun lämmityskausi alkaa. Tämän tulee tällä hetkellä tekemään lauhteenpoistintoimittaja. Oma kunnossapito tekee yleisen toimintakunnon tarkastuksen ja toteuttaa tarkastuksesta tulevat toimenpidesuositukset.

Oman kunnossapidon tekemiin normaaleihin määräaikaistarkastuksiin lisätään myös kyseisten alueiden lauhteenpoistinten ja höyry-lauhtejärjestelmän komponenttien visuaalinen tarkastelu. Tuotantolaitoksen ennakkohuoltokierrokset ovat SAP-järjestelmässä. Näihin ennakkohuoltokierroksiin lisätään edellä mainitut visuaaliset tarkastelut. Visuaalisten tarkastusten lisäksi tehdään lämpökameratarkastuksia Fluke VT02 mittalaitteella. Mittalaitteella tarkastetaan toimintakuntoa lähinnä vesitysten suhteen, mutta lämmityskaudella myös ilmastoinnin lauhteenpoistinten toimintakuntoa.



## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tuotantolaitoksen energiatehokkuutta voidaan parantaa oleellisesti höyryn käyttöä tehostamalla, jolloin blow-out-höyryn määrää saadaan pienennettyä. Tehostamista saadaan muuttamalla tilalämmitykset maakaasusta höyryn energiaa hyödyntäväksi. Tällöin myös maakaasun kulutus pienenee merkittävästi. Hankkimalla kuumavesisäiliö, jossa vettä voisi kuumentaa höyryllä ejektorityyppisesti, vähentää myös blow-out-höyryn määrää. Kuumavesisäiliö vähentää myös tiettyjen vesijakeiden jäähdytys- ja uudelleenlämmitystarvetta. Tarkkoja lukuarvoja höyryn ja maakaasun kulutuksesta ei työnantajan toivomuksesta julkaistu, ne on annettu arviointiin menneessä versiossa.

Lauhteen hyötykäytöllä saadaan energiataloutta parannettua. Puhdistetun lauhteen palautus voimalaitokselle alentaneen höyrystä maksettavaa hintaa, sillä raakaveden käyttö pienenee samassa suhteessa ja jätevesimäärä pienenee. Myös vedenpehmennyskemikaalien käyttö vähenee.

Teoreettinen ilmastointien lämmitysten maksimihöyrynkulutus (kohta 5.2) olisi  $(520 + 130 + 70 + 105 + 180 + 125 + 125) \text{ kW} = 1\,255 \text{ kW}$  ja vastaava teoreettinen höyrynkulutus, joista kolme viimeistä arvoa on arvioitu,  $(800 + 200 + 100 + 150 + 300 + 200 + 200) \text{ kg/h} = 1\,950 \text{ kg/h}$ , sama määrä syntyisi lauhdetta. Höyryputkien vesitysten lauhteenpoistimia on 16 kpl, jos jokainen poistaisi keskimääräisesti 0,1 l minuutissa, syntyy viikossa  $0,1 \text{ l/kpl} / \text{min} \cdot 60 \text{ min/h} \cdot 16 \text{ kpl} \cdot 24 \text{ h/d} \cdot 7 \text{ d/vk} = 16\,128 \text{ l/vk}$ . Arvot ovat suuntaa antavia mutta osoittavat, että lauhdemäärä on merkittävä.

Tuotantolaitoksella hyödynnettävä lauhde vähentää myös raakaveden tarvetta sekä syntyvä jäteveden määrä pienenee lauhteen määrällä. Lauhteen sisältämä lämpömäärä vähentää kohteesta riippuen veden lämmitystarvetta, joten höyrynkulutus vähenee kokonaislämpösisällön mukaisesti. Lauhteen voisi johtaa joko lauhdesäiliöihin tai kuumavesisäiliöön.

Puhdistetun lauhteen käyttäminen demi-veden tilalla tai sen lisänä vähentää kyseisen veden tarvetta. Tämä toisi säästöjä vähentyneenä demi-veden valmistuskustannuksina, eikä demi-veden syöttöpumpulle tarvitsisi tehdä muutosta energiatehokkuuden parantamiseksi, jos lauhde palautetaan demi-vesisäiliöön.

Lauhteenpoistojärjestelmän määräaikaistarkastukset ja varsinkin toiminnan oikeellisuus lisää energiatehokkuutta ja parantaa höyry- ja lauhdejärjestelmän toimintaa, joka puolestaan vähentää laitevaurioitumisriskiä. Tämä puolestaan vähentää kunnossapitokustannuksia ja lisää turvallisuutta.

Yhteenvetona voi todeta, että energiansäättömahdollisuuksia on monia, mutta ne kaikki vaativat investointeja. Säiliökapasiteetin lisääminen on välttämättömyys, jos lauhdeiden hyödyntämistä tavoitellaan. Pienin investointi tarve olisi lauhdepalautuksen johtaminen demi-vesisäiliöön suodatuksen kautta. Sekin vaatisi säiliöön johdetavan lauhteen laadun varmistamisen mittaamalla.

## LÄHDELUETTELO

BASF eDMS, 2013. *Integrated Management System Hamina*. [Online]

Available at: [http://gondor12g2.rz-c007-j650.basf-ag.de/data/basf-ab/edmschea.nsf/WebCurrentBySite?SearchView&Start=1&Count=30&Expand=7&Query=\(%5BSiteApplicability%5D%20Contains%20Hamina\)&Seq=4](http://gondor12g2.rz-c007-j650.basf-ag.de/data/basf-ab/edmschea.nsf/WebCurrentBySite?SearchView&Start=1&Count=30&Expand=7&Query=(%5BSiteApplicability%5D%20Contains%20Hamina)&Seq=4)

[Haettu 2013]. Ei avoin

BASF, n.d. *BASF: Corporate website*. [Online]

Available at: <http://www.basf.com/group/corporate/en/>

[Accessed Marraskuu 2013]. Ei avoin

BASF, 2013. *BASF: Historical Milestones*. [Online]

Available at: <http://www.basf.com/group/corporate/en/about-basf/history/index>

BASF, 2014. *BASF: Corporate website*. [Online]

Available at: <http://www.basf.com/group/corporate/en/>

[Accessed Marraskuu 2013].

Emerson Process Management, 2013. *Impact of failed steam traps on process plants*.

[Online]

Available at:

<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00840-0200-4708.pdf>

[Haettu 15 01 2014].

Energiavirasto, 2014. *Maakaasun hintatilastot*. [Online]

Available at: [http://www.energiavirasto.fi/maakaasun-](http://www.energiavirasto.fi/maakaasun-hintatilastot?redirect=http%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fhome%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_keywords%3Dmaakaasun%2Bhinta%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearc)

[hintatilastot?redirect=http%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fhome%3Fp\\_p\\_id%3D3%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dmaximized%26p\\_p\\_mode%3Dview%26\\_3\\_keywords%3Dmaakaasun%2Bhinta%26\\_3\\_struts\\_action%3D%252Fsearch%252Fsearc](http://www.energiavirasto.fi/maakaasun-hintatilastot?redirect=http%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fhome%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_keywords%3Dmaakaasun%2Bhinta%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearc)

[Haettu 28 04 2014].

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H., 2000.

*Höyrykattilatekniikka*. 5. toim. Helsinki: Oy Edita Ab.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S., 2008. *Voimalaitostekniikka*. Keuruu: Otava Kirjapaino.

MOTIVA, 2011. *Höyry - lauhde siirtojärjestelmä; käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan ohjeistus*. [Online]

Available at: [http://www.motiva.fi/files/4893/HOLA\\_kaytto-kunnossapito\\_ohjeistus\\_2011.pdf](http://www.motiva.fi/files/4893/HOLA_kaytto-kunnossapito_ohjeistus_2011.pdf)

[Haettu 01 03 2014].

Paljakka, J., 2014. *Spirax Sarco Oy* [Haastattelu] (14 01 2014).

Spirax Sarco Oy, 2013. *Introduction - Why Steam Traps?*. [Online]

Available at: <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-traps-and-steam-trapping/why-steam-traps.asp>

[Haettu 16 01 2014].

Spirax Sarco, 2013. *MFP14SS automaattinen lauhdepumppu*. [Online]

Available at:

[http://www.spiraxsarco.com/fi/fin/pdfs/fin/STAP%5CIM%5CP136\\_18%5Ciss\\_2%5Cp136\\_18.pdf](http://www.spiraxsarco.com/fi/fin/pdfs/fin/STAP%5CIM%5CP136_18%5Ciss_2%5Cp136_18.pdf)

[Haettu 02 03 2014].

Työterveyslaitos , 2012. *Kansainväliset kemikaalikortit / Aniliini*. [Online]

Available at: <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0011.htm>

[Haettu 20 01 2013].

## LIITTEET

Liite 1. HYXO Oy, EATON pussisuodatin tarjous

Liite 2. lauhteenpoistin luettelo

BASF OY

XXXXXXXXXXXX

**Viite Eaton suodatinpussitarjous**

Kiitämme tarjouspyynnöstänne ja tarjoamme Teille seuraavasti:

**Toimituksen laajuus:**

Rivi	Tuotekoodi	Tuotenimi	Määrä	à-hinta	Yhteensä €
1	FE5844569	PO-5-P02S-40L -materiaali: pp -suodatusaste: 5µm -koko: 2 (180 x 810 mm) -40 kpl suodatinpussia laatikossa	50,00	x	x
2	F5842319	PO-10-P02E-30L -materiaali: pp -suodatusaste: 10µm -koko: 2 (180 x 810 mm) -30 kpl suodatinpussia laatikossa	50,00	x	x
3	FE5842329	PO-25-P02E-30L -materiaali: pp -suodatusaste: 25µm -koko: 2 (180 x 810 mm) -30 kpl suodatinpussia laatikossa	50,00	x	x
4	FE5842339	PO-50-P02E-30L -materiaali: pp -suodatusaste: 50µm -koko: 2 (180 x 810 mm) -30 kpl suodatinpussia laatikossa	50,00	x	x
5	FE5842349	PO-100-P02E-30L -materiaali: pp -suodatusaste: 100µm -koko: 2 (180 x 810 mm) -30 kpl suodatinpussia laatikossa	50,00	x	x

**Kokonaishinta  
Toimitusehto**

**xxx€**, netto ALV 0 %  
FCA Kerava (Incoterms 2010)

**PROSESSINNE ON ASIAMME**

KERAVA  
Käyntiosoite  
Palokorvenkatu 2  
04250 Kerava  
Postiosoite  
PL 16, 04261

Puh. 010 417 4500  
Faksi 010 417 4501  
hyxo@hyxo.fi  
Kotipaikka: Kerava  
Y-tunnus 0123937-1

JOENSUU  
Reijolanristeys  
80330 Joensuu  
Puh. 010 417 4440  
Faksi 010 417 4402

OULU  
Messipojantie 20  
90520 Oulu  
Puh. 010 417 4470  
Faksi 010 417 4405

SEINÄJOKI  
Pajantie 5  
60520 Hyllykallio  
Puh. 046 851 1402

YLÖJÄRVI  
Vanha Vaasantie 12  
33470 Ylöjärvi  
Puh. 010 417 4450  
Faksi 010 417 4403

Lauhteenpoistinluettelo, tilanne 15.5.–14

Poistin	Malli	Valmistaja	Tyyppi
0001	AWH R CU32	AWH	Bimetallinen
0002	MK45	Gestra	Terminen
0003	TD42LA	Spirax	Termodynaaminen
0004	FT14-10TV	Spirax	Uimuri & Termostaatinen
0005	AWH R CU32	AWH	Bimetallinen
0006	FT14-10TV	Spirax	Uimuri & Termostaatinen
0007	MK45	Gestra	Terminen
0008	UNA25 P	Gestra	Lauhdepumppu
0009	MK45	Gestra	Terminen
0010	MK45	Gestra	Terminen
0011	MK45	Gestra	Terminen
0012	AWH R CU32	AWH	Bimetallinen
0013	AWH R CU32	AWH	Bimetallinen
0014	AWH R CU32	AWH	Bimetallinen
0015	TD32FALC	Spirax	Termodynaaminen ilmanpoistimella
0016	FT43-4.5TV	Spirax	Uimuri & Termostaatinen
0017	MK45	Gestra	Terminen
0018	MK45	Gestra T	Terminen
0019	AWH R CU32	AWH	Bimetallinen
0020	MK45	Gestra	Terminen
0021	FT14-10TV	Spirax	Uimuri & Termostaatinen
0022	FT14-4,5	Spirax	Uimuri & Termostaatinen
0023	FT14-4,5	Spirax	Uimuri & Termostaatinen
0024	FT14-10TV	Spirax	Uimuri & Termostaatinen
0025	AWH R CU22	AWH	Bimetallinen

Yhde	Koko	Kohde
[Redacted content]		